



西北師範大學
NORTHWEST NORMAL UNIVERSITY

計算機網絡

物理層 (3)

陳旺虎

chenwh@nwnu.edu.cn



第 2 章 物理层

2.1 物理层的基本概念

2.2 数据通信的基础知识

2.3 物理层下面的传输媒体

2.4 信道复用技术

2.5 数字传输系统

2.6 宽带接入技术

Review

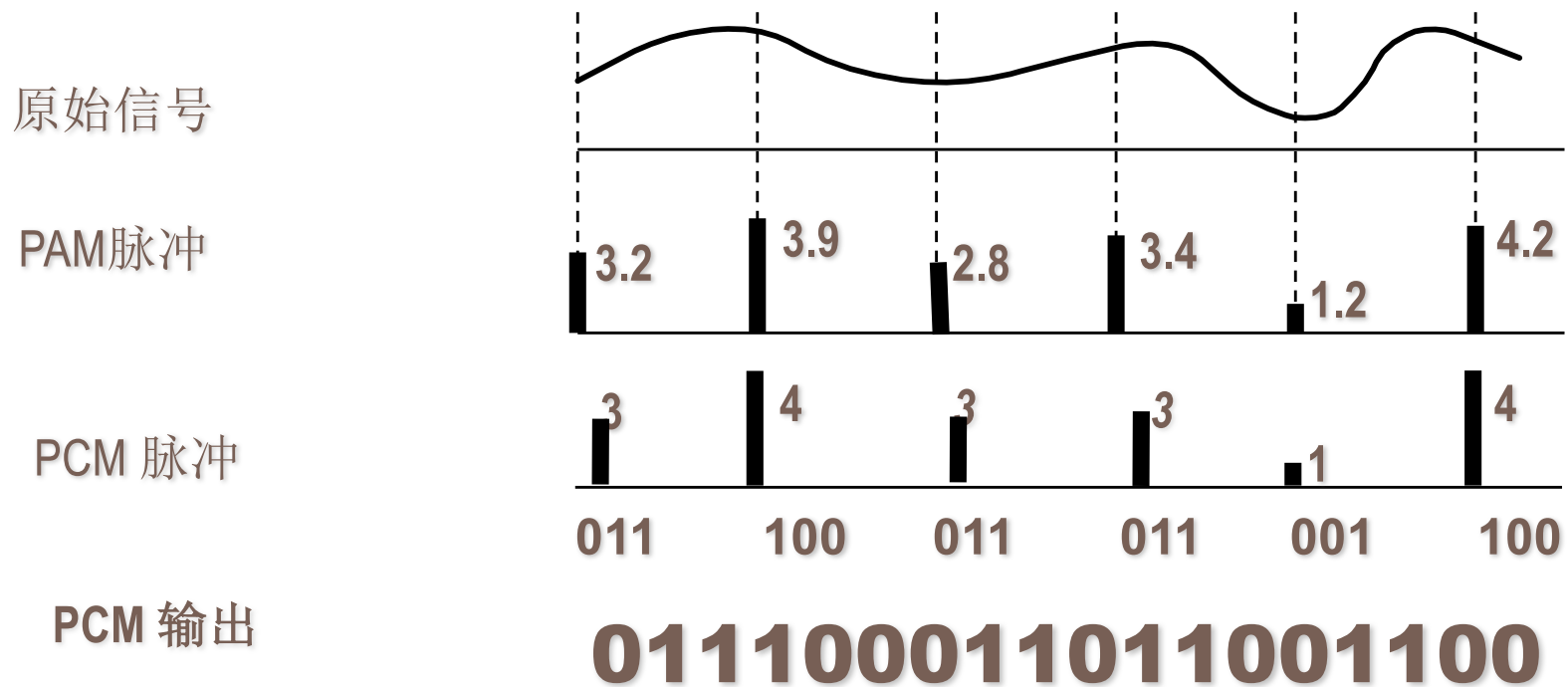
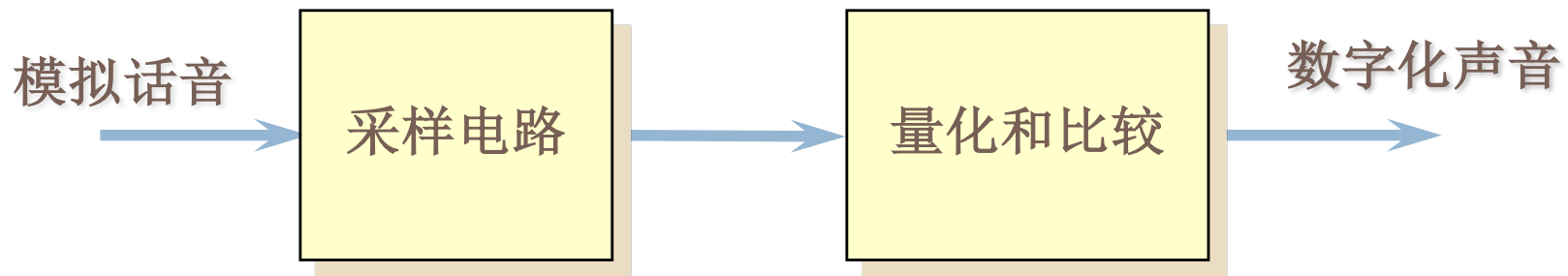


- 信道复用技术

2.5 数字传输系统

- 数据通信系统
 - ▣ 源系统，传输系统，目的系统
 - ▣ 数字传输系统
- 早期的电信网络
- 数字信道上传输模拟信号
 - ▣ 用数字信道传输模拟数据时，需要对模拟数据进行脉冲编码调制（PCM）

PCM的基本原理



取样定理

□ 取样

- ▣ 将模拟电话信号转变为数字信号，只要取样频率不低于电话信号最高频率的**2倍**，就可以从取样的脉冲信号中无失真地恢复出原来的电话信号。
- 例如：标准的电话信号的最高频率为**3.4KHz**（为方便，取**4KHz**），则取样频率：**8KHz**，取样周期：**125 μ s**，即每秒钟采样**8000次**

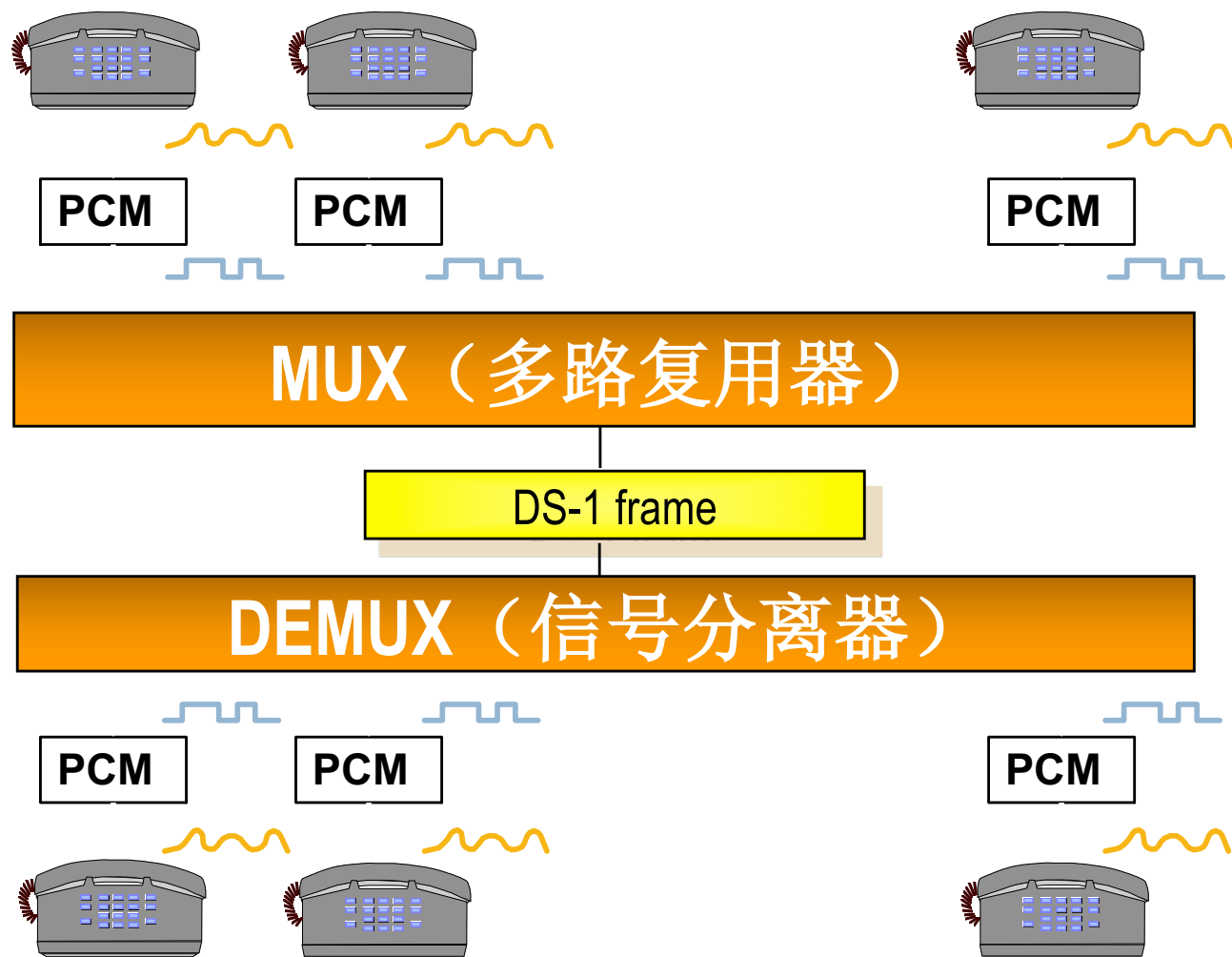
□ 编码

- ▣ 我国的**PCM**体制采用**8bit**编码，即：将取样后的模拟电话信号量化为**256**个不同等级中的一个。

脉码调制 PCM 体制

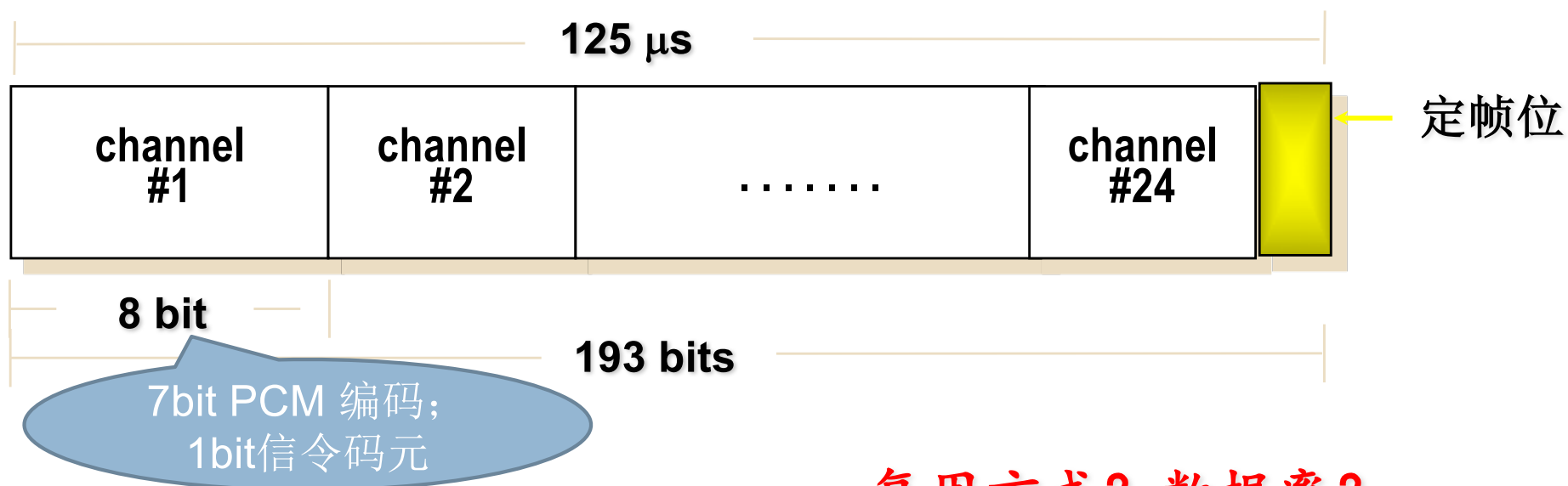
- 脉码调制 PCM 体制（Pulse Code Modulation）最初是为了在电话局之间的中继线上传送多路的电话。
- 由于历史原因，PCM 有两个互不兼容的国际标准
 - ▣ 北美的 24 路 PCM（简称为 T1）
 - ▣ 欧洲的 30 路 PCM（简称为 E1）
 - ▣ 我国采用的是欧洲的 E1 标准。
- E1 的速率是 2.048 Mb/s，而 T1 的速率是 1.544 Mb/s

T1 载波系统



DS-1 帧

- 每个信道称为 DS0

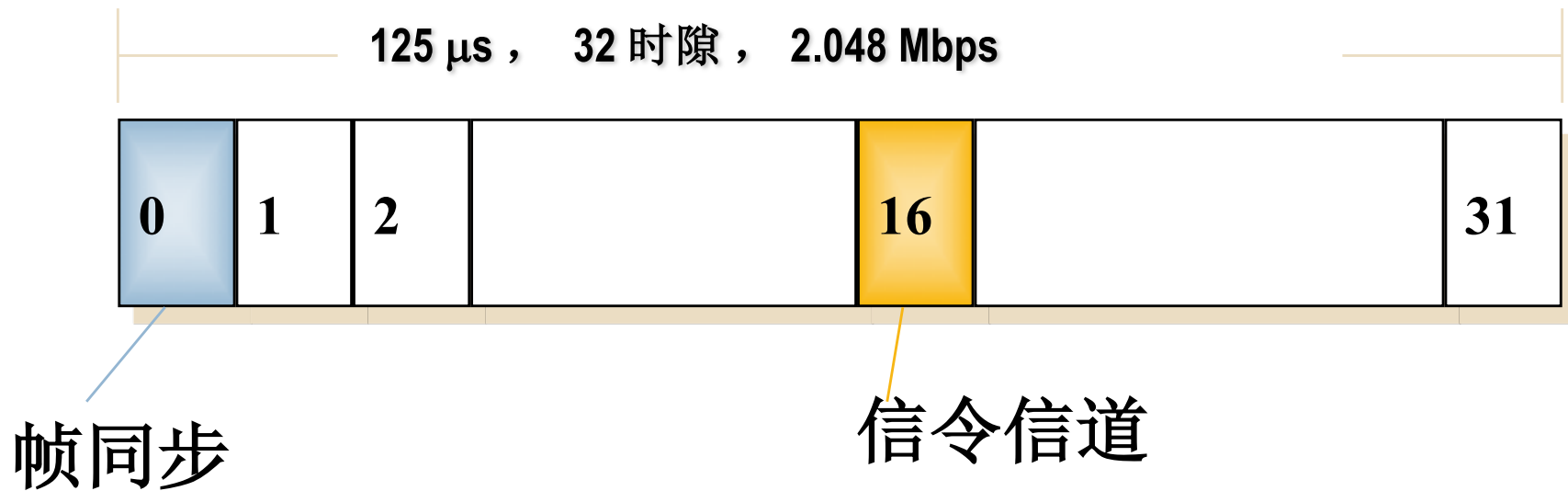


- 复用方式？数据率？

时分复用，频率相同

$$\text{数据率} = (24 \times 8 + 1 \text{ bit}) / 125 \mu\text{s} = 1.544 \text{ Mbps}$$

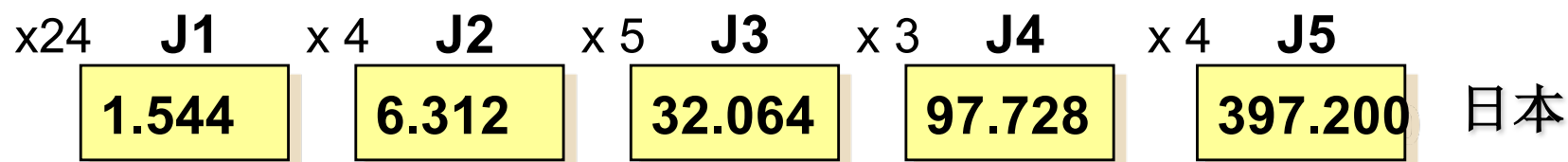
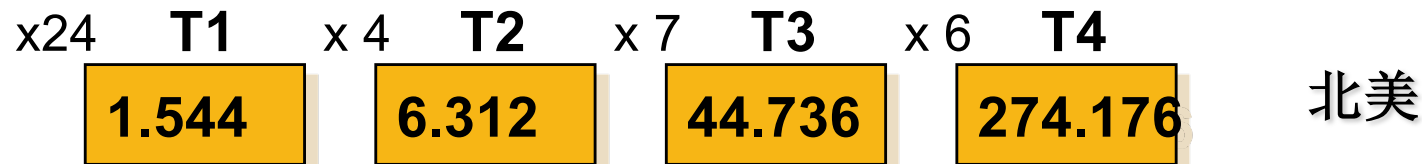
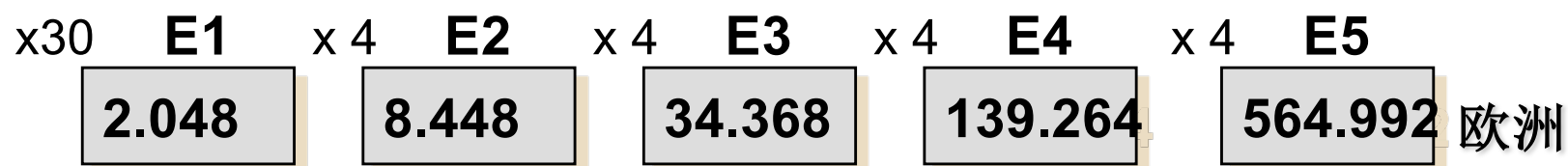
E1-帧



30 话音信道+2 控制信道
数据率 = $(32 \times 8) / 125 \mu\text{s} = 2.048\text{Mbps}$

PCM数字传输三大系统

- 当需要有更高的数据率时，可采用复用的方法



- 由于复用需要一些额外的同步码元，因此，高次群的数据率往往大于n个低次群的数据率的和

同步光纤网SONET和同步数字系列

- 旧的数字传输系统存在着许多缺点。最主要的是：
 - ▣ 速率标准不统一
 - 如果不对高次群的数字传输速率进行标准化，国际范围的高速数据传输就很难实现
 - ▣ 不是同步传输
 - 在过去相当长的时间，为了节约经费，各国的数字网主要是采用准同步方式
- 1988，美国提出了一个数字传输标准
 - ▣ 同步光纤网（Synchronous Optical Network, SONET）

同步光纤网 SONET

- 同步光纤网 SONET 的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟，通常采用
 - ▣ 铯原子钟：最好的铯原子钟达到500万年才误差 1 秒
- 同步光纤网 SONET为光纤传输系统定义了同步传输的线路速率等级结构，其传输速率以 51.84 Mb/s为基础（相当于T3/E3）。
 - ▣ 如果对电信号，该速率称为第 1 级同步传送信号 STS-1 (Synchronous Transport Signal)
 - ▣ 对光信号，则称为第 1 级光载波 OC-1 （ Optical Carrier ）
- STS-n的数据率是STS-1的n倍

同步数字系列 SDH

- ITU-T 以美国标准 SONET 为基础，制订出国际
标准同步数字系列 SDH (Synchronous Digital
Hierarchy)。
- 一般可认为 SDH 与 SONET 是同义词。
- SDH 的基本速率为 155.52 Mb/s，称为第 1 级同
步传递模块 (Synchronous Transfer Module)，即
STM-1，相当于 SONET 体系中的 OC-3 速率。

SONET 的 OC 级/STS 级与 SDH 的 STM 级的对应关系

线路速率 (Mb/s)	SONET 符号	ITU-T 符号	表示线路速率 的常用近似值
51.840	OC-1/STS-1	—	
155.520	OC-3/STS-3	STM-1	155 Mb/s
466.560	OC-9/STS-9	STM-3	
622.080	OC-12/STS-12	STM-4	622 Mb/s
933.120	OC-18/STS-18	STM-6	
1244.160	OC-24/STS-24	STM-8	
2488.320	OC-48/STS-48	STM-16	2.5 Gb/s
4976.640	OC-96/STS-96	STM-32	
9953.280	OC-192/STS-192	STM-64	10 Gb/s
39813.120	OC-768/STS-768	STM-256	40 Gb/s

SONET 的贡献



- 定义了标准光信号：1310nm和1550nm激光源
- 在物理层定义了帧结构，以STM-1为基础，形成了速率等级结构。

2.6 宽带接入技术

2.6.1 xDSL技术

- **xDSL** 技术就是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造，使它能够承载宽带业务。
- **DSL**：数字用户线(Digital Subscriber Line)。
- 模拟电话信号的频带在 300~3400 Hz 的范围内，但用户线实际可通过的信号频率超过 1 MHz。
- **xDSL** 技术就把 0~4 kHz 低端频谱留给传统电话使用，而把原来没有被利用的高端频谱留给用户上网使用。

xDSL 的几种类型

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): 非对称数字用户线
- HDSL (High speed DSL): 高速数字用户线
- SDSL (Single-line DSL): 1 对线的数字用户线
- VDSL (Very high speed DSL): 甚高速数字用户线
- DSL : ISDN 用户线。
- RADSL (Rate-Adaptive DSL): 速率自适应 DSL, 是 ADSL 的一个子集, 可自动调节线路速率)。

ADSL 的极限传输距离

- ADSL 的极限传输距离与数据率以及用户线的线径都有很大的关系
 - ▣ 用户线越细，信号传输时的衰减就越大，而所能得到的最高数据传输速率与实际的用户线上的信噪比密切相关。
- 例如
 - ▣ 0.5 毫米线径的用户线，传输速率为 1.5 ~ 2.0 Mb/s 时可传送 5.5 公里，但当传输速率提高到 6.1 Mb/s 时，传输距离就缩短为 3.7 公里。
 - ▣ 如果把用户线的线径减小到 0.4 毫米，那么在 6.1 Mb/s 的传输速率下就只能传送 2.7 公里

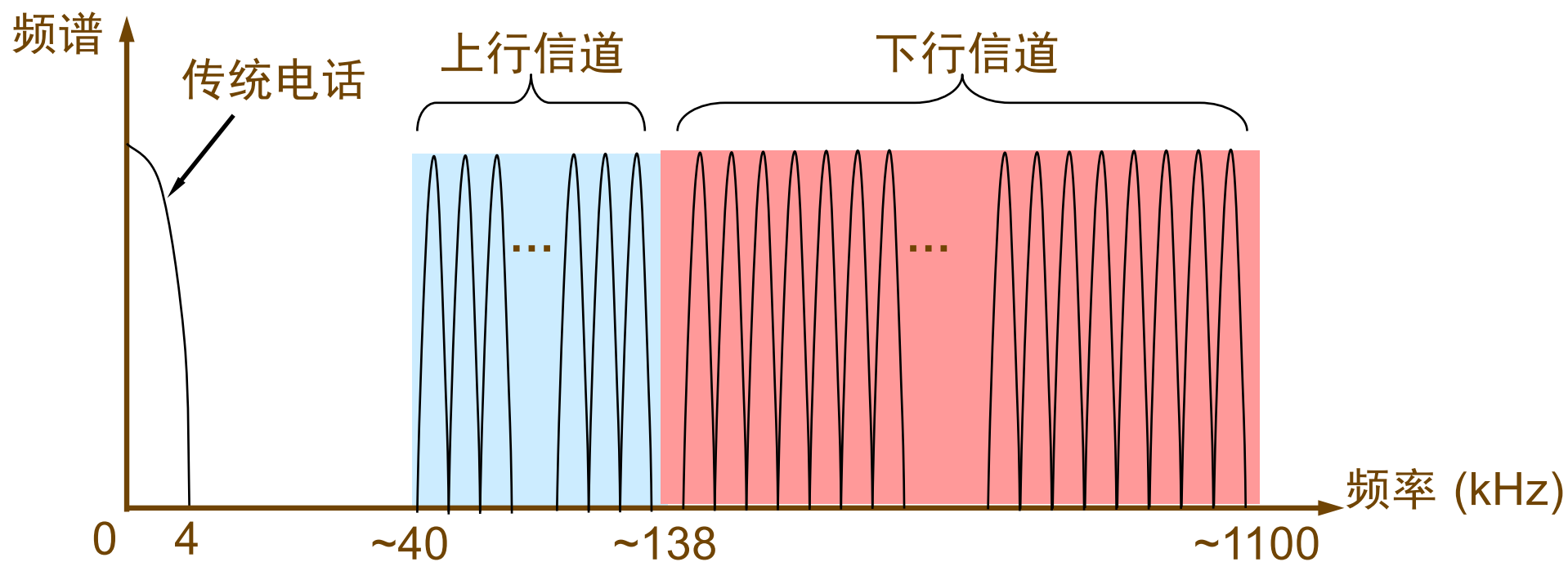
ADSL 的特点

- 上行和下行带宽做成不对称的。
- 上行指从用户到 **ISP**，而下行指从 **ISP** 到用户。
- **ADSL** 在用户线（铜线）的两端各安装一个 **ADSL** 调制解调器。
- 我国目前采用的方案是**离散多音调 DMT** (Discrete Multi-Tone)调制技术。这里的“多音调”就是“**多载波**”或“**多子信道**”的意思。

DMT 技术

- DMT 调制技术采用 **频分复用** 的方法
 - ▣ 40 kHz 到 1.1 MHz 的高端频谱划分为许多的子信道，其中 **25** 个子信道用于上行信道，而 **249** 个子信道用于下行信道。
- 每个子信道占据 **4 kHz** 带宽（严格讲是 **4.3125 kHz**），并使用不同的载波（即不同的音调）进行数字调制。这种做法相当于在一对用户线上使用许多小的调制解调器 **并行地** 传送数据。

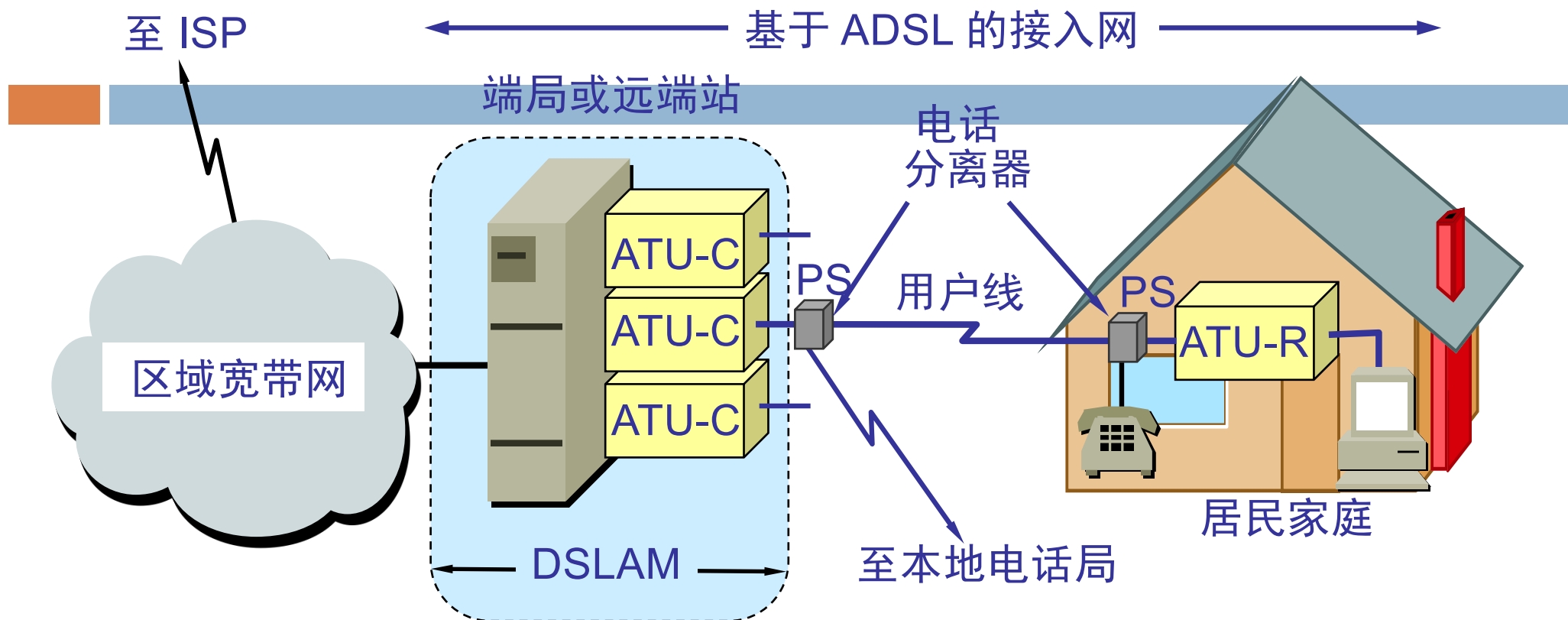
DMT 技术的频谱分布



ADSL 的数据率

- 由于用户线的具体条件往往相差很大（距离、线径、受到相邻用户线的干扰程度等都不同），因此 **ADSL** 采用自适应调制技术使用户线能够传送尽可能高的数据率。
- 当 **ADSL** 启动时，用户线两端的 **ADSL** 调制解调器就测试可用的频率、各子信道受到的干扰情况，以及在每一个频率上测试信号的传输质量。
- **ADSL** 不能保证固定的数据率。对于质量很差的用户线甚至无法开通 **ADSL**。
- 通常下行数据率在 32 kb/s 到 6.4 Mb/s 之间，而上行数据率在 32 kb/s 到 640 kb/s 之间。

ADSL 的组成



- ❑ **DSL接入复用器** DSLAM (DSL Access Multiplexer), 500-1000个端口
- ❑ **接入端接单元** ATU (Access Termination Unit), ADSL调制解调器
- ❑ ATU-C (C 代表端局 Central Office)
- ❑ ATU-R (R 代表远端 Remote)
- ❑ **电话分离器** PS (POTS Splitter)

第二代 ADSL

- ADSL2 (G. 992.3 和 G. 992.4) ; ADSL2+ (G. 992.5)
- 通过提高调制效率得到了更高的数据率。
- 例如，ADSL2 要求至少应支持下行 8 Mb/s、上行 800 kb/s 的速率。而 ADSL2+ 则将频谱范围从 1.1 MHz 扩展至 2.2 MHz，下行速率可达 16 Mb/s（最大传输速率可达 25 Mb/s），而上行速率可达 800 kb/s。
- 采用了无缝速率自适应技术 SRA (Seamless Rate Adaptation)，可在运营中不中断通信和不产生误码的情况下，自适应地调整数据率。
- 改善了线路质量评测和故障定位功能。

2.6.2 光纤同轴混合网

HFC (Hybrid Fiber Coax)

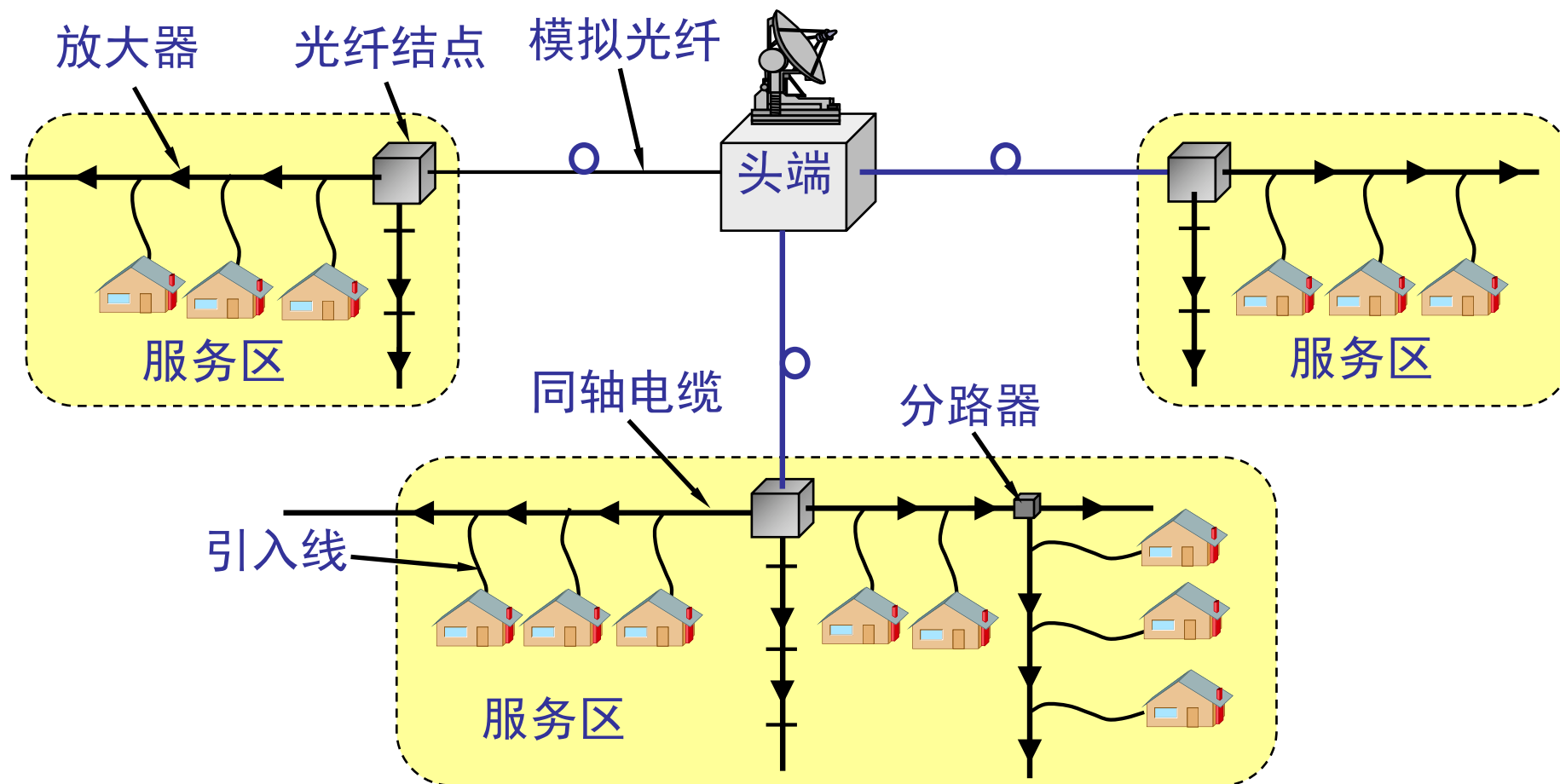
- HFC 网是在目前覆盖面很广的有线电视网 **CATV** 的基础上开发的一种居民宽带接入网。
- HFC 网除可传送 **CATV** 外，还提供电话、数据和其他宽带交互型业务。
- 现有的 **CATV** 网是树形拓扑结构的同轴电缆网络，它采用模拟技术的频分复用对电视节目进行单向传输。而 HFC 网则需要对 **CATV** 网进行改造

HFC 的主要特点

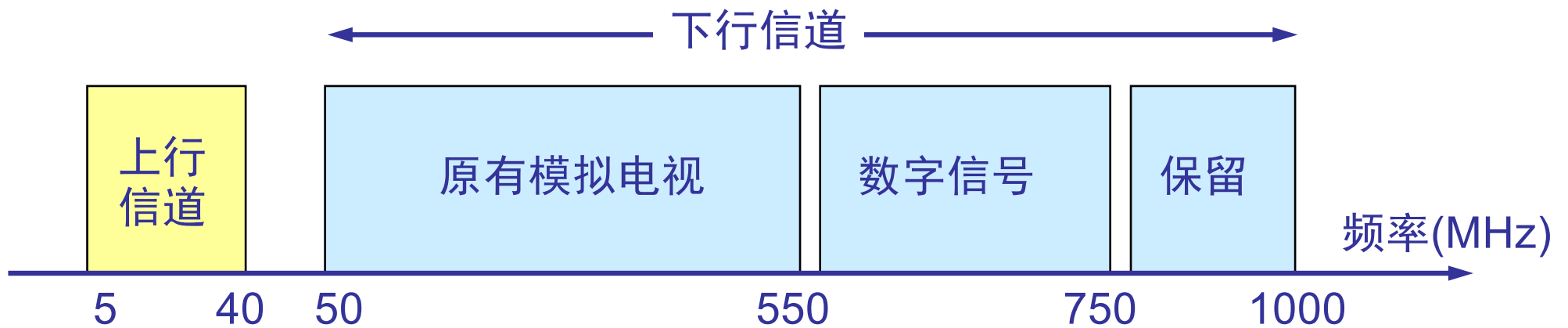
(1) HFC网的主干线路采用光纤

- HFC 网将原 CATV 网中的同轴电缆主干部分改换为光纤，并使用模拟光纤技术。
- 在模拟光纤中采用光的振幅调制 AM，这比使用数字光纤更为经济。
- 模拟光纤从头端连接到光纤结点(fiber node)，即光分配结点 ODN (Optical Distribution Node)。在光纤结点光信号被转换为电信号。在光纤结点以下就是同轴电缆。
 - ▣ 安装在有线电视运营商的头端即主设备中的cablemodem端接系统，完成信号的调制和混合功能。

(2) HFC 网采用结点体系结构



(3) HFC 网具有比 CATV 网更宽的频谱，且具有双向传输功能



(4) 每个家庭要安装一个用户接口盒

- 用户接口盒 UIB (User Interface Box) 要提供三种连接，即：
 - ▣ 使用同轴电缆连接到机顶盒(set-top box)，然后再连接到用户的电视机。
 - ▣ 使用双绞线连接到用户的电话机。
 - ▣ 使用电缆调制解调器连接到用户的计算机。

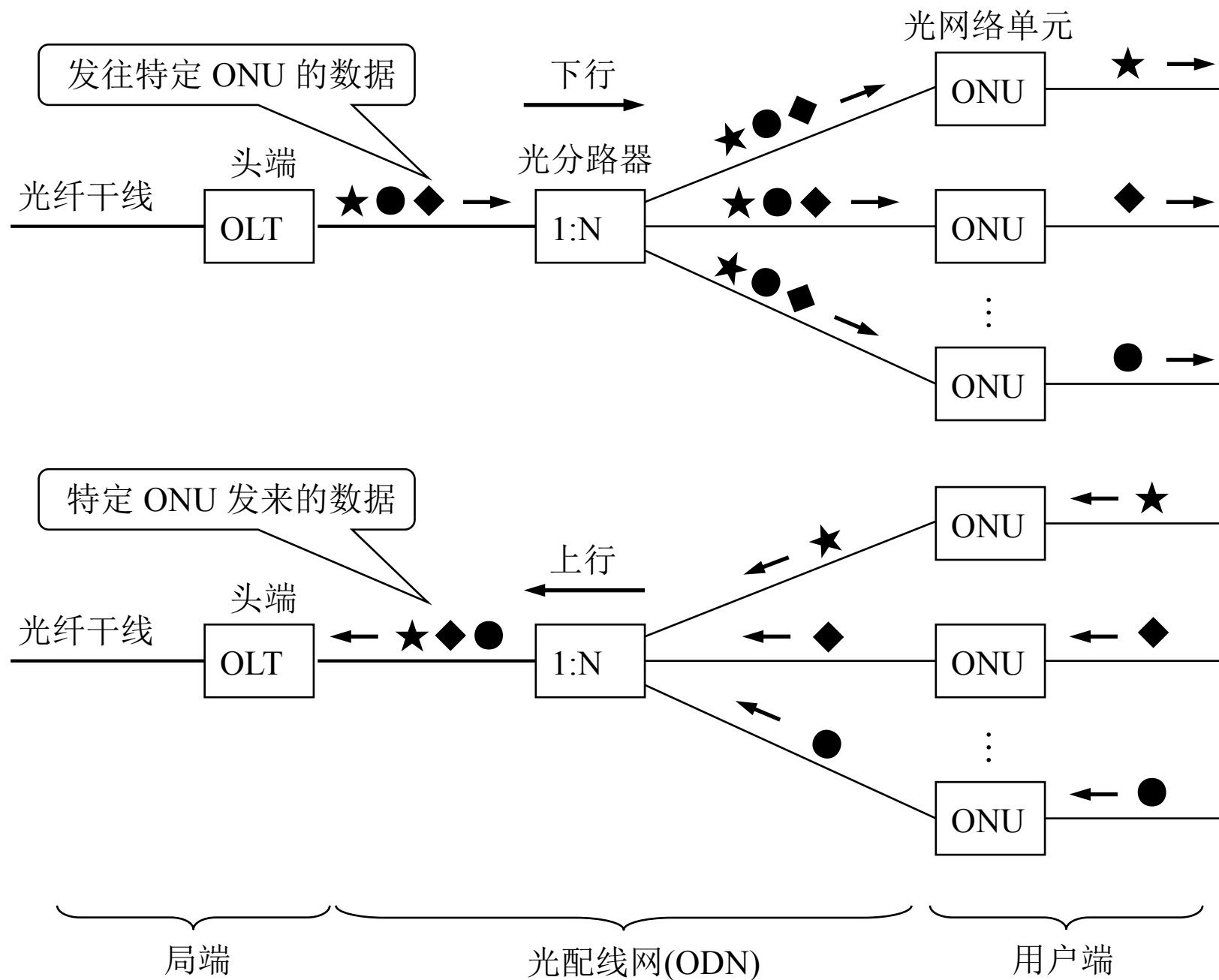
电缆调制解调器 (cable modem)

- 电缆调制解调器是为 HFC 网而使用的调制解调器。
- 电缆调制解调器最大的特点就是传输速率高。其下行速率一般在 **3~10 Mb/s** 之间，最高可达 **30 Mb/s**，而上行速率一般为 **0.2~2 Mb/s**，最高可达 **10 Mb/s**。
- 电缆调制解调器比在普通电话线上使用的调制解调器要复杂得多，并且不是成对使用，而是只安装在用户端。

2.6.3 FTTx 技术

- **FTTx**（光纤到.....）也是一种实现宽带居民接入网的方案。这里字母 **x** 可代表不同意思。
 - ▣ **光纤到家 FTTH (Fiber To The Home)**: 光纤一直铺设到用户家庭可能是居民接入网最后的解决方法。
 - ▣ **光纤到大楼 FTTB (Fiber To The Building)**: 光纤进入大楼后就转换为电信号，然后用电缆或双绞线分配到各用户。
 - ▣ **光纤到路边 FTTC (Fiber To The Curb)**: 从路边到各用户可使用星形结构双绞线作为传输媒体。

无源光配线网的组成



作业

□ 16